



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Pat ntschrift
⑩ DE 198 20 756 C 1

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 26 F 1/26
C 25 F 3/02
// H01P 1/20, B01J
32/00, 35/04

②1 Aktenzeichen: 198 20 756.5-26
② Anmeldetag: 8. 5. 98
④3 Offenlegungstag: -
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 11. 11. 99

DE 198 20 756 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

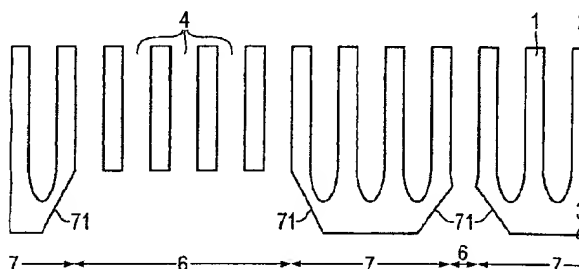
⑦3 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

⑦2 Erfinder:
Lehmann, Volker, Dipl.-Ing. Dr., 80689 München,
DE; Reisinger, Hans, Dipl.-Phys. Dr., 82031
Grünwald, DE; Wendt, Hermann, Dipl.-Phys. Dr.,
85630 Grasbrunn, DE; Stengl, Reinhard, Dipl.-Phys.
Dr., 86391 Stadtbergen, DE; Lange, Gerrit,
Dipl.-Phys. Dr., 81373 München, DE; Ottow, Stefan,
Dr.rer.nat., 24114 Kiel, DE

⑤5 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 42 02 454 C1

⑤4 Perforiertes Werkstück und Verfahren zu dessen Herstellung

⑤7 Ein Substrat aus Silizium weist einen ersten Bereich und einen zweiten Bereich auf. In dem ersten Bereich sind durchgehende Poren vorgesehen. In dem zweiten Bereich sind Poren vorgesehen, die das Substrat nicht durchqueren. Die Herstellung des Werkstücks erfolgt mit Hilfe elektrochemischen Ätzens der Poren, Bedecken der gesamten Oberfläche des Substrats mit einer Maskenschicht, die auf der Rückseite des Substrats photolithographisch strukturiert wird und durch Freizätzen der Böden der Poren im zweiten Bereich, vorzugsweise mit KOH.



DE 198 20 756 C 1

Für verschiedene technische Anwendungen werden perforierte Werkstücke, insbesondere als preiswerte optische oder mechanische Filter mit Porendurchmessern im Mikrometer- oder Submikrometer-Bereich benötigt. Solche Anwendungen sind unter anderem isoporöse Membranen, rückspülbare Filter, Laminisatoren, Katalysatorträger, Reagenzienträger, Elektroden für Batterien und Brennstoffzellen, Düsenplatten, Röhrengitter oder Filter für elektromagnetische Wellen wie zum Beispiel Licht oder Mikrowellen.

Aus DE 42 02 454 C1 ist ein Verfahren zur Herstellung eines perforierten Werkstückes bekannt, mit dem Porendurchmesser in diesem Bereich herstellbar sind. Bei diesem Verfahren wird in einer ersten Oberfläche eine Substratscheibe aus n-dotiertem einkristallinem Silizium durch elektrochemisches Ätzen Löcher senkrecht zur ersten Oberfläche gebildet, so daß eine strukturierte Schicht entsteht. Das elektrochemische Ätzen erfolgt in einem fluoridhaltigen Elektrolyten, in dem das Substrat als Anode verschaltet ist. Bei Erreichen einer Tiefe der Löcher, die im wesentlichen der Dicke des fertigen Werkstücks entspricht, werden die Prozessparameter so geändert, daß der Querschnitt der Löcher wächst und die strukturierte Schicht als Plättchen, aus dem das Werkstück gebildet wird, abgelöst wird.

Da zur Herstellung erforderlich ist, daß benachbarte Löcher zusammenwachsen, entspricht die Form des hergestellten perforierten Werkstücks der Form der Substratscheibe. Das perforierte Werkstück ist dabei durchgehend bis zum Rand mit Poren durchsetzt. Dadurch wird die mechanische Festigkeit des perforierten Werkstücks begrenzt.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein perforiertes Werkstück sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung anzugeben, das eine erhöhte mechanische Festigkeit aufweist.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß gelöst durch ein perforiertes Werkstück gemäß Anspruch 1 sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung gemäß Anspruch 4. Weitere Ausgestaltungen der Erfindung gehen aus den übrigen Ansprüchen hervor.

Das Werkstück weist ein Substrat aus Silizium auf, in dem ein erster Bereich und ein zweiter Bereich vorgesehen sind. In dem ersten Bereich durchqueren Poren das Substrat von einer ersten Hauptfläche zu einer zweiten Hauptfläche. In dem ersten Bereich ist das Werkstück perforiert. In einem zweiten Bereich sind Poren vorgesehen, die ausgehend von der ersten Hauptfläche sich in das Substrat hinein erstrecken, das Substrat jedoch nicht durchqueren. Dadurch ist unterhalb der Poren in dem zweiten Bereich massives Substratmaterial vorhanden, das die Stabilität des perforierten Werkstücks erhöht. Dadurch ist das perforierte Werkstück mit geringerer Gefahr der Zerstörung montierbar.

Die Dicke des Substrats in Richtung der Tiefe der Poren ist vorzugsweise in dem zweiten Bereich größer als in dem ersten Bereich.

Durch Vorsehen mehrerer erster Bereiche lassen sich insbesondere für die Anwendung als Katalysator oder Reagenzienträger verschiedene Filterbereiche definieren.

Für die Montage des perforierten Werkstücks ist es vorteilhaft, den zweiten Bereich ringförmig vorzusehen und den ersten Bereich innerhalb des zweiten Bereichs anzuordnen. In diesem Fall wirkt der massive Rand im zweiten Bereich als Rahmen für das perforierte Werkstück.

➔ Vorzugsweise wird das perforierte Werkstück unter Verwendung elektrochemischen Ätzens hergestellt. Dazu werden in einer ersten Hauptfläche eines Substrats aus Silizium durch elektrochemisches Ätzen Poren erzeugt, deren Tiefe geringer als die Dicke des Substrats ist. Die erste Hauptflä-

che und die Oberfläche der Poren sowie eine zweite Hauptfläche, die der ersten Hauptfläche gegenüberliegt wird mit einer Maskenschicht versehen. Die Maskenschicht wird im Bereich der zweiten Hauptfläche so strukturiert, daß die zweite Hauptfläche in dem ersten Bereich freigelegt wird. Unter Verwendung einer strukturierten Maskenschicht als Ätzmaske wird das Substrat anschließend im Bereich der freigelegten zweiten Hauptfläche mindestens bis zum Boden der Poren geätzt. Anschließend wird die Maskenschicht entfernt, so daß die im ersten Bereich angeordneten Poren das Substrat von der ersten Hauptfläche zur zweiten Hauptfläche durchqueren.

Die Maskenschicht wird vorzugsweise aus Si_3N_4 oder SiO_2 gebildet.

Das Ätzen des Substrats zur Bildung der durchgehenden Poren im ersten Bereich erfolgt vorzugsweise mit KOH. Dadurch ergibt sich für den zweiten Bereich im Bereich der zweiten Hauptfläche ein Randbereich mit einer Oberfläche mit einer $\langle 111 \rangle$ -Orientierung.

Die elektrochemische Ätzung erfolgt vorzugsweise in einem fluoridhaltigen, sauren Elektrolyten, wobei das Substrat als Anode einer Elektrolysezelle verschaltet ist. Da das Substrat als Anode geschaltet ist, bewegen sich Minoritätsladungsträger in dem Silizium zu der mit dem Elektrolyten in Kontakt stehenden ersten Hauptfläche. Dort bildet sich eine Raumladungszone aus. Da die Feldstärke im Bereich von Vertiefungen in einer Oberfläche stets größer ist als außerhalb davon, bewegen sich die Minoritätsladungsträger bevorzugt zu solchen Vertiefungen, die mit statistischer Verteilung in jeder Oberfläche vorhanden sind. Dadurch kommt es zu einer Strukturierung der ersten Hauptfläche. Je tiefer eine anfänglich kleine Unebenheit durch die Ätzung wird, desto mehr Minoritätsladungsträger bewegen sich wegen der vergrößerten Feldstärke dorthin und desto stärker wird der Ätzangriff an dieser Stelle. Die Löcher wachsen im Substrat in der kristallographischen $\langle 100 \rangle$ -Richtung.

Vorzugsweise wird ein Elektrolyt mit einer Konzentration zwischen 2 Gewichtsprozent HF und 10 Gewichtsprozent HF verwendet. Bei der elektrochemischen Ätzung wird dann eine Spannung zwischen 1,5 Volt und 3 Volt angelegt. Dadurch ergeben sich Poren 20 μm . Bei einer Substrate Dotierung von 5 Ωcm beträgt der Durchmesser der Löcher vorzugsweise 2 μm .

Zur Einstellung der Stromdichte im Substrat ist es vorteilhaft, die zweite Hauptfläche des Substrats beim elektrochemischen Ätzen zu beleuchten.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels, das in den Figuren dargestellt ist, näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch ein Substrat, das von einer ersten Hauptfläche ausgehende Poren aufweist.

Fig. 2 zeigt den Schnitt durch das Substrat nach Strukturierung einer Maskenschicht zur Definition von ersten Bereichen und zweiten Bereichen.

Fig. 3 zeigt den Schnitt durch das Substrat nach Ätzung des Substrates bis zum Boden der Poren.

Fig. 4 zeigt den Schnitt durch das Substrat nach Entfernen der Maskenschicht.

Fig. 5 zeigt eine Aufsicht auf das in Fig. 4 dargestellte Werkstück.

Ein Substrat 1 aus n-dotiertem, einkristallinem Silizium mit einem spezifischen Widerstand von 5 Ωcm ist an einer ersten Hauptfläche 2 mit einer Oberflächentopologie versehen. Die Oberflächentopologie umfaßt in regelmäßigen Abständen angeordnete Vertiefungen, die unter Verwendung photolithographischer Prozessschritte durch eine alkalische Ätzung hergestellt werden. Alternativ kann die Oberflächentopologie durch lichtinduzierte, elektrochemische

Ätzung gebildet werden.

Die erste Hauptfläche 2 des Substrats 1 wird mit einem fluoridhaltigen, sauren Elektrolyten in Kontakt gebracht. Der Elektrolyt weist eine Flußsäurekonzentration von 2 bis 10 Gewichtsprozent, vorzugsweise 5 Gewichtsprozent auf. Dem Elektrolyten kann ein Oxidationsmittel, zum Beispiel Wasserstoffsuperoxid, zugesetzt werden, um die Entwicklung von Wasserstoffbläschen auf der ersten Hauptfläche 2 des Substrats 1 zu unterdrücken.

Das Substrat 1 wird als Anode verschaltet. Zwischen das Substrat 1 und den Elektrolyten wird eine Spannung von 1,5 bis 5 Volt, vorzugsweise 3 Volt, angelegt. Das Substrat 1 wird von einer zweiten Hauptfläche 3, die der ersten Hauptfläche 2 gegenüberliegt, her mit Licht beleuchtet, so daß eine Stromdichte von 10 mA pro cm² eingestellt wird. Ausgehend von den Vertiefungen werden bei der elektrochemischen Ätzung Poren 4 erzeugt, die senkrecht zur ersten Hauptfläche 2 verlaufen (siehe Fig. 1). Nach einer Ätzzeit von 4,5 Stunden erreichen die Poren 4 eine Tiefe von 300 µm gemessen von der ersten Hauptfläche 2 in Richtung der Porentiefe und einen Durchmesser von 2 µm. Der Abstand benachbarter Poren 4 beträgt 4 µm.

Durch CVD-Abscheidung wird eine Maskenschicht 5 aus Siliziumnitrid in einer Dicke von 100 nm gebildet. Die Maskenschicht 5 bedeckt sowohl die erste Hauptfläche 2 als auch die zweite Hauptfläche 3 als auch die Oberfläche der Poren 4.

Mit Hilfe einer photolithographisch erzeugten Maske (nicht dargestellt) und einer Plasmaätzung mit CF₄, O₂ wird die Maskenschicht 5 im Bereich der zweiten Hauptfläche 3 strukturiert (siehe Fig. 2). Dadurch werden erste Bereiche 6 und zweite Bereiche 7 definiert. In den ersten Bereichen 6 wird die zweite Hauptfläche 3 freigelegt. In den zweiten Bereichen 7 ist die zweite Hauptfläche 3 von der Maskenschicht 5 weiterhin bedeckt. Die erste Hauptfläche 2 und die Oberfläche der Poren 4 ist ebenfalls von der Maskenschicht 5 vollständig bedeckt.

Durch eine Ätzung mit KOH mit einer Konzentration von 50 Gewichtsprozent wird anschließend das Substrat 1 mindestens bis zum Boden der Poren 4 geätzt. Die Ätzung des Substrats 1 erfolgt bis in eine Tiefe gemessen von der zweiten Hauptfläche 3 von 350 µm bei einer Substratdicke von 625 µm. Dadurch wird in den ersten Bereichen 6 im Bereich des Bodens der Poren 4 die Oberfläche der Maskenschicht 5 freigelegt (siehe Fig. 3). Bei der Ätzung mit KOH erfolgt der Ätzangriff entlang kristallographischen Vorzugsrichtungen, so daß sich am Rand der zweiten Bereiche 7 Randbereiche 71 bilden, die eine Oberfläche mit <111>-Orientierung aufweisen.

Durch Entfernen der Maskenschicht 5 mit 50 Gewichtsprozent HF entsteht ein perforiertes Werkstück, das in den ersten Bereichen 6 durchgehende Poren 4 aufweist (siehe Fig. 4). Dem ersten Bereich 6 benachbart sind die zweiten Bereiche 7, in denen die Poren das Substrat 1 nicht durchqueren. Die zweiten Bereiche 7 geben dem perforierten Werkstück Stabilität.

In unterschiedlichen Bereichen des perforierten Werkstücks weisen die ersten Bereiche 6 unterschiedliche Formen auf (siehe Aufsicht in Fig. 5). Die ersten Bereiche 6 können großflächig, zum Beispiel rechteckig oder quadratisch, mit einer Vielzahl von Poren, länglich mit einer Reihe Poren oder quadratisch mit nur einer Pore gestaltet sein. Der erste Bereich 6 ist dabei bedingt durch die Ätzung mit KOH zur Freilegung der Böden der Poren 4 im ersten Bereich 6 von dem Randbereich 71 eines der zweiten Bereiche 7 umgeben. Die geometrische Form der zweiten Bereiche 7 wird entsprechend den Anforderungen an die Stabilität gewählt. Sie entspricht insbesondere Stegen, einem Gitter, einzelnen

Fenstern, einem Ritzrahmen oder Identifizierungsmerkmalen.

Die Maskenschicht 5 kann alternativ durch thermische Oxidation aus SiO₂ gebildet werden.

Patentansprüche

1. Perforiertes Werkstück,
 - bei dem ein Substrat (1) aus Silizium, das einen ersten Bereich (6) und einen zweiten Bereich (7) aufweist, vorgesehen ist,
 - bei dem in dem ersten Bereich (6) Poren (4) vorgesehen sind, die das Substrat (1) von einer ersten Hauptfläche (2) zu einer zweiten Hauptfläche (3) durchqueren,
 - bei dem in dem zweiten Bereich (7) Poren vorgesehen sind, die sich ausgehend von der ersten Hauptfläche (2) in das Substrat (1) hinein erstrecken, das Substrat (1) jedoch nicht durchqueren.
2. Werkstück nach Anspruch 1, bei dem der zweite Bereich (7) im Bereich der zweiten Hauptfläche (3) einen Randbereich (71) mit einer Oberfläche mit <111>-Orientierung aufweist.
3. Werkstück nach Anspruch 1 oder 2,
 - bei dem die Tiefe der Poren (4) im ersten Bereich (6) und im zweiten Bereich (7) im wesentlichen gleich ist,
 - bei dem das Substrat (1) in dem zweiten Bereich (7) in Richtung der Porentiefe dicker ist als in dem ersten Bereich (6).
4. Verfahren zur Herstellung eines perforierten Werkstücks,
 - bei dem in einer ersten Hauptfläche (2) eines Substrats (1) aus Silizium durch elektrochemisches Ätzen Poren (4) erzeugt werden, deren Tiefe geringer als die Dicke des Substrats (1) ist,
 - bei dem die erste Hauptfläche (2), die Oberfläche der Poren (4) und eine der ersten Hauptfläche (2) gegenüberliegende zweite Hauptfläche (3) mit einer Maskenschicht (5) versehen wird,
 - bei dem die Maskenschicht (5) im Bereich der zweiten Hauptfläche (3) so strukturiert wird, daß die zweite Hauptfläche (3) in einem ersten Bereich (6) freigelegt wird,
 - bei dem unter Verwendung der strukturierten Maskenschicht als Ätzmaske das Substrat (1) mindestens bis zum Boden der Poren (4) geätzt wird,
 - bei dem die Maskenschicht (5) entfernt wird, so daß die im ersten Bereich (6) angeordneten Poren (4) das Substrat (1) von der ersten Hauptfläche (2) zur zweiten Hauptfläche (3) durchqueren.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem die Maskenschicht (5) aus Si₃N₄ gebildet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, bei dem das Ätzen des Substrats (1) mit KOH erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem die elektrochemische Ätzung in einem fluoridhaltigen, sauren Elektrolyten erfolgt, wobei das Substrat als Anode einer Elektrolysezelle verschaltet ist.
8. Verfahren nach Anspruch 7,
 - bei dem ein fluoridhaltiger, saurer Elektrolyt verwendet wird mit einer Konzentration zwischen 2 Gewichtsprozent Flußsäure und 10 Gewichtsprozent Flußsäure,
 - bei dem beim elektrochemischen Ätzen eine Spannung zwischen 1,5 Volt und 3 Volt angelegt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, bei dem die zweite Hauptfläche (3) des Substrats (1) beim elektrochemischen Ätzen zur Einstellung der Stromdichte im Substrat (1) beleuchtet wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

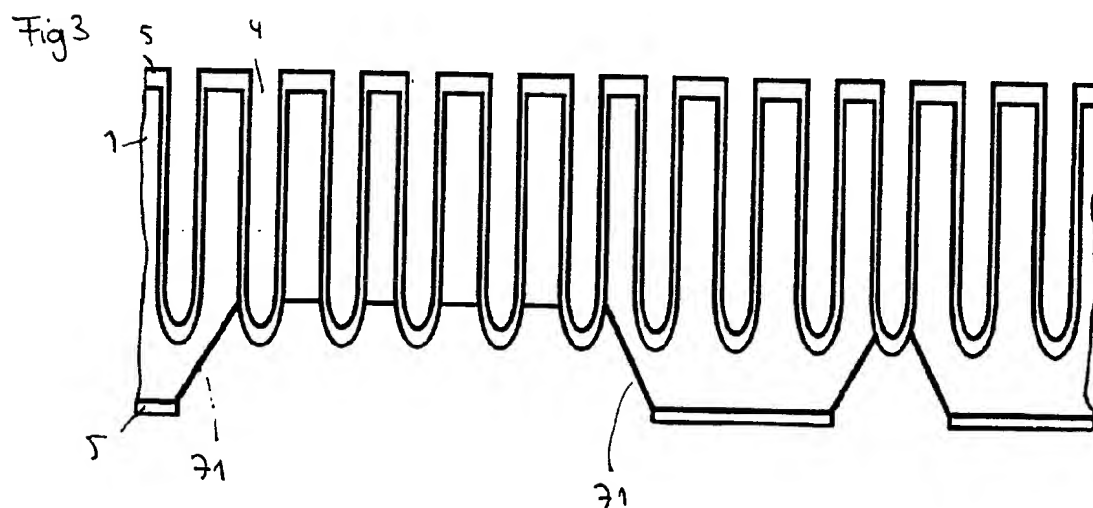
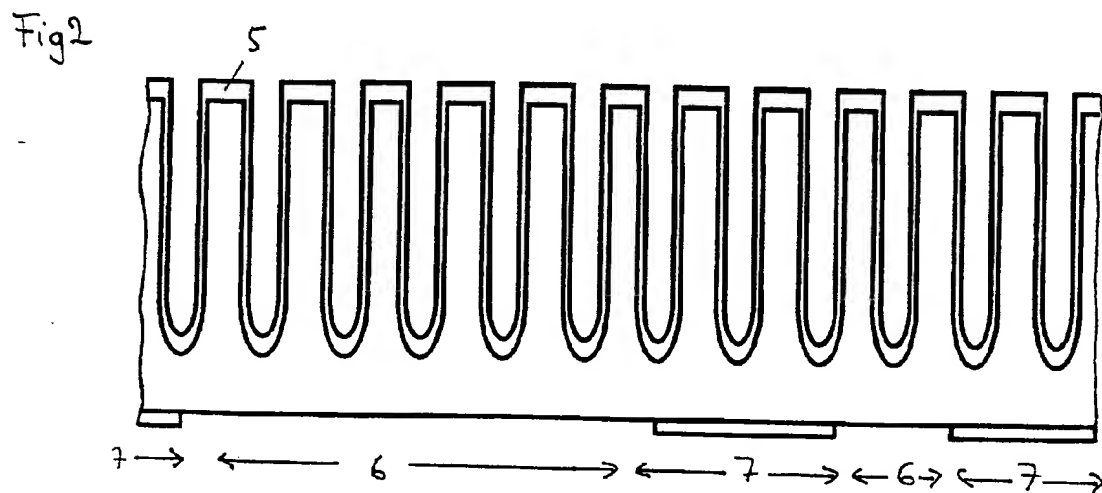
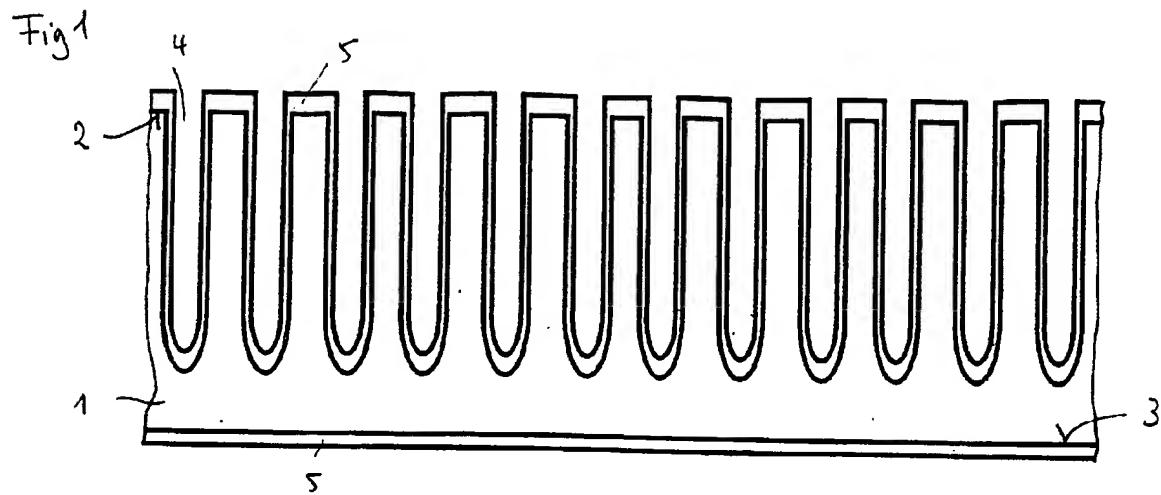
45

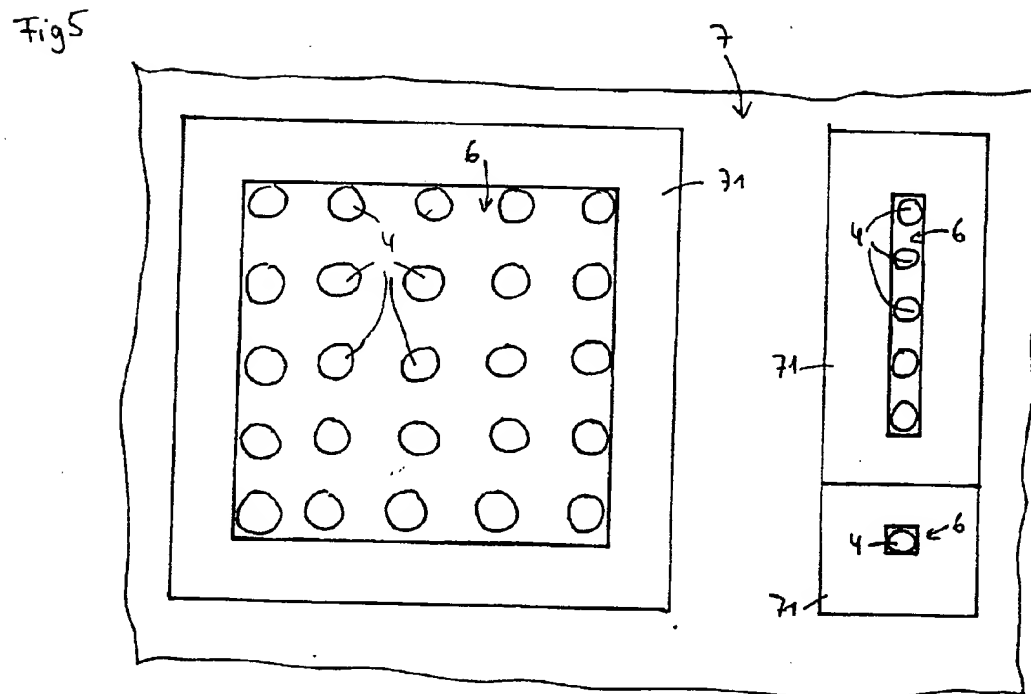
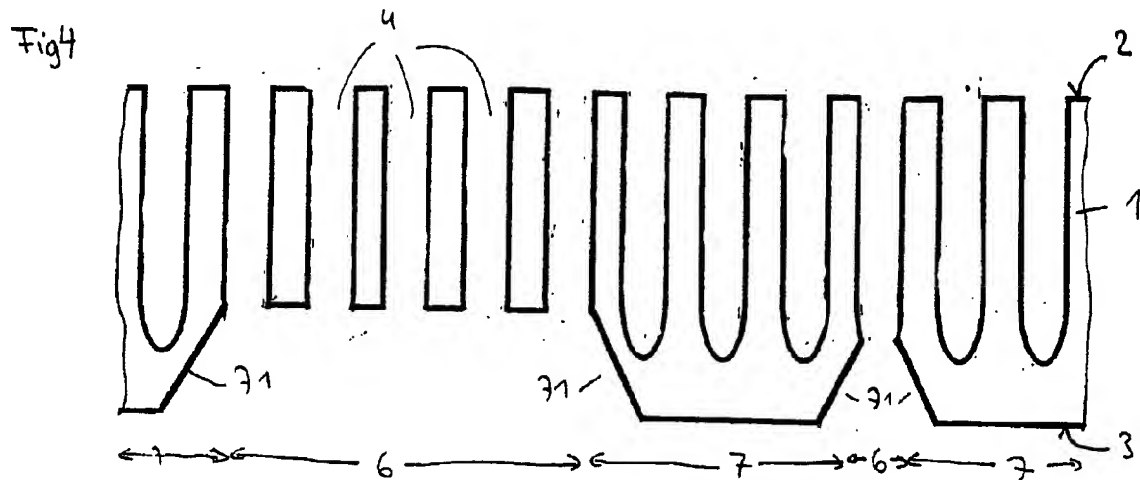
50

55

60

65





DERWENT-ACC-NO: 2000-000479
DERWENT-WEEK: 200236
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Perforated workpiece especially an optical or mechanical filter with
micron or sub-micron size pores

INVENTOR: LANGE, G; LEHMANN, V ; OTTOW, S ; REISINGER, H ; STENGL,
R ; WENDT, H

PATENT-ASSIGNEE: SIEMENS AG[SIEI], INFINEON TECHNOLOGIES
AG[SIEI], INFINEON
TECHNOLOGIES AG[INFN]

PRIORITY-DATA: 1998DE-1020756 (May 8, 1998)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
DE 19820756 C1	November 11, 1999	N/A	006	B26F 001/26
JP 2002514689	May 21, 2002	N/A	014	C25F 003/12
W	November 18, 1999	G	000	C25F 003/12
WO 9958746 A1	March 21, 2001	G	000	C25F 003/12
EP 1084285 A1	June 25, 2001	N/A	000	C25F 003/12
KR 2001052320				
A				

DESIGNATED-STATES: JP KR US AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT
LU MC NL PT S
E DE FR GB IT NL

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 19820756C1	N/A	1998DE-1020756	May 8, 1998
JP2002514689W	N/A	1999WO-DE01292	May 3, 1999
JP2002514689W	N/A	2000JP-0548533	May 3, 1999
JP2002514689W	Based on	WO 9958746	N/A
WO 9958746A1	N/A	1999WO-DE01292	May 3, 1999
EP 1084285A1	N/A	1999EP-0929077	May 3, 1999

EP 1084285A1	N/A	1999WO-DE01292	May 3, 1999
EP 1084285A1	Based on	WO 9958746	N/A
KR2001052320A	N/A	2000KR-0712422	November 7, 2000

INT-CL (IPC): B26F001/26; C25F003/02 ; C25F003/12

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 19820756C

BASIC-ABSTRACT: NOVELTY - A perforated workpiece, comprising a silicon substrate (1) having a first region (6) with through-pores (4) and a second region (7) with blind pores, is new.

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for producing a perforated workpiece by electrochemically etching one face (2) of a silicon substrate (1) to form pores (4) of depth less than the substrate thickness, providing the opposite substrate face (3) with a mask layer which exposes first regions (6) of this opposite substrate face, etching the exposed face regions (6) to the bottoms of the pores (4) and then removing the mask layer.

USE - E.g. as an isoporous membrane, a back-flushing filter, catalyst support, reagent support, battery or fuel cell electrode, nozzle plate, tubular grating or filter for electromagnetic waves such as light or microwaves, especially as an optical or mechanical filter with micron or sub-micron size pores.

ADVANTAGE - The incompletely perforated second regions provide the perforated workpiece with increased strength and stability in an inexpensive manner, so that the risk of breakage during mounting is reduced.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a cross-sectional view of a perforated workpiece according to the invention.

Silicon substrate 1

Substrate front face 2

Substrate back face 3

Pores 4

First region 6

Second region 7

CHOSEN-DRAWING: Dwg.4/5

TITLE-TERMS:

PERFORATION WORKPIECE OPTICAL MECHANICAL FILTER MICRON SUB
MICRON SIZE PORE

DERWENT-CLASS: L03 P62 X16

CPI-CODES: L03-E01B; L03-E04; L03-G02; L03-H;

EPI-CODES: X16-E06A;

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C2000-000171

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N2000-000434

FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY
GERMAN PATENT OFFICE
PATENT NO. 198 20 756 C1

Int. Cl.⁶: B26 F 1/26
C 25 F 3/02
//H 01 P 1/20
B01J 32/00
35/04

Filing No.: 198 20 756.5-26

Filing Date: May 8, 1998

Date Granted: November 11, 1999

PERFORATED WORKPIECE AND METHOD FOR ITS MANUFACTURE

Inventors: Dr. Volker Lehmann
80689 Munich, DE

Dr. Hans Reisinger
82031 Grünwald, DE

Dr. Hermann Wendt
85630 Grasbrunn, DE

Dr. Reinhard Stengl
86391 Stadtbergen, DE

Dr. Gerrit Lange
81373 Munich, DE

Dr. Stefan Ottow
24114 Kiel, DE

Applicant: Siemens AG
80333 Munich DE

Publications Considered for
Evaluation of Patentability: DE 42 02 454 C1

[Abstract]

A silicon substrate features a first region and a second region. In the first region there are pores passing all the way through. In the second region there are pores that do not pass through the substrate. Manufacture of the workpiece is effected by means of electrochemical etching of the pores, by covering the entire surface of the substrate with a mask layer which is structured by photolithography upon the back side of the substrate, and by etching away the bottoms of the pores in the second region, preferably with KOH.

Description

Various technical applications require perforated workpieces, especially as valuable optical or mechanical filters with pore diameters in the micrometer or submicrometer range. These applications are as isoporous membranes, back-flushing filters, laminizers, catalyst carriers, reagent carriers, electrodes for batteries and fuel cells, spinnerets, tube grids, or filters for electromagnetic waves, such as light or microwaves, for example.

A method is known for the manufacture of a perforated workpiece from DE 42 02 454 C1, whereby pore diameters in this range can be produced. With this method, in a first surface of a substrate wafer of n-doped, monocrystalline silicon, pits perpendicular to the first surface are formed by electrochemical etching so that a structured layer is obtained. The electrochemical etching takes place in a fluoride-containing electrolyte, wherein the substrate is connected as the anode. When a depth of the pits is reached that corresponds essentially to the thickness of the finished workpiece, the process parameters are changed so that the cross section of the pits increases and the structured layer is detached as a lamina from which the workpiece is formed.

Since it is necessary for the manufacture that neighboring pits must grow together, the shape of the manufactured, perforated workpiece corresponds to the shape of the substrate wafer. The perforated workpiece is thus permeated with pores out to the edge. Thus the mechanical strength of the perforated workpiece is limited.

The invention is based on the problem of specifying a perforated workpiece, and also a method for its manufacture, that will have an increased mechanical strength.

According to this invention, this problem is solved by a perforated workpiece according to Claim 1 and by a method for its manufacture according to Claim 4. Additional embodiments of the invention are indicated in the dependent claims.

The workpiece has a substrate of silicon which is divided into a first region and a second region. In the first region there are pores that pass through the substrate from a first main surface to a second main surface. The workpiece is perforated in the first region. In the second region there are pores that emanate from the first main surface and extend into the substrate, but do not

pass through the substrate. Thus, there is solid substrate material underneath the pores in the second region that increases the stability of the perforated workpiece. The perforated workpiece can therefore be assembled with little danger of being destroyed.

The thickness of the substrate in the direction of the depth of the pores is preferably greater in the second region than in the first region.

By the provision of several first regions, various filter regions can be defined, in particular for applications as a catalyst or reagent carrier.

For mounting or assembly of the perforated workpiece, it is better to provide a ring-shaped second region and to locate the first region within the second region. In this case, the solid edge in the second region acts as a frame for the perforated workpiece.

Preferably the perforated workpiece is produced by the application of electrochemical etching. To do this, pores are created in a first main surface of the silicon substrate by electrochemical etching. The depth of the pores is less than the thickness of the substrate. The first main surface and the surface of the pores, and also a second main surface located opposite the first main surface, are all covered with a mask. In the area of the second main surface, the mask layer is structured so that the second main surface is exposed in the first region. By use of a structured mask layer as an etching mask, the substrate will then be etched in the region of the exposed, second main surface at least as far as the bottom of the pores. Then the mask layer is removed so that the pores located in the first region will pass through the substrate from the first main surface to the second main surface.

The mask layer is made preferably of Si_3N_4 or SiO_2 .

Etching of the substrate to form the transiting pores in the first region is preferably implemented with KOH. Thus, in the second region, an edge region with a surface with a $\langle 111 \rangle$ orientation is obtained in the area of the second primary surface.

Electrochemical etching is carried out in a fluoride-containing, acidic electrolyte, where the substrate is connected as the anode in an electrolytic cell. Since the substrate is connected as the anode, the minority charge carriers in the silicon migrate to the first main surface in contact with the electrolytes. A space-charge zone forms there. Since the field strength in the area of the recesses in a surface is always greater than outside of it, the minority charge carriers migrate preferentially to those depressions which are present in a statistical distribution in each surface. The result is a structuring of the first main surface. The deeper an initially small unevenness due to the etching is, the more minority charge carriers will move there due to the increased field strength, and thus the etching attack will also be more powerful at this site. The pits will grow in the substrate in the crystallographic $\langle 100 \rangle$ direction.

Preferably, an electrolyte with a concentration of 2-10 wt% of HF is used. For the electrochemical etching, a voltage of 1.5-3 V will be applied. This will produce 20 μm pores size. At a substrate doping of 5 $\Omega\text{ cm}$, the diameter of the perforations will preferably be about 2 μm .

To adjust the power density in the substrate, it is preferable to illuminate the second main surface of the substrate during electrochemical etching.

The invention will be explained in greater detail below, based on one embodiment that is illustrated in the figures.

Figure 1 shows a cross section through a substrate which has pores emanating from a first main surface.

Figure 2 shows the cross section through the substrate after structuring of a mask layer to define the first regions and second regions.

Figure 3 shows a cross section through the substrate after etching of the substrate down to the bottom of the pores.

Figure 4 shows a cross section through the substrate after removal of the mask layer.

Figure 5 shows a top view of the workpiece illustrated in Figure 4.

A substrate 1 made of n-doped, monocrystalline silicon with a resistivity of 5 $\Omega\text{ cm}$ is provided with a surface topology on a first main surface 2. This surface topology is composed of depressions which are arranged at regular intervals and are produced by the use of photolithographic processes with alkaline etching. Alternatively, the surface topology can be formed by light-induced, electrochemical etching.

The first main surface 2 of the substrate 1 is placed in contact with a fluoride-containing, acidic electrolyte. The electrolyte has a hydrofluoric acid concentration of 2-10 wt%, preferably 5 wt%. An oxidizing agent, for example, hydrogen peroxide, can be added to the electrolyte in order to suppress the development of hydrogen bubbles on the first main surface 2 of the substrate 1.

The substrate 1 is connected as the anode. A voltage of 1.5-5 V, preferably 3 V, is applied between the substrate 1 and the electrolytes. The substrate 1 is illuminated by ordinary light from a second main surface 3 located opposite the first main surface 2, so that a current density of 10 mA per cm^2 is obtained. During the electrochemical etching, pores 4 are created, starting from the depressions, which run perpendicular to the first main surface 2 (see Figure 1). After an etching time of 4.5 hours, the pores 4 attain a depth of 300 μm , measured from the first main surface 2 in the direction of pore depth, and a diameter of 2 μm . The distance between neighboring pores 4 amounts to 4 μm .

A mask layer 5 of silicon nitride is formed by CVD deposition to a depth of 100 nm. The mask layer 5 covers both the first main surface 2, and also the second main surface 3, as well as the surface of the pores 4.

By means of a mask (not shown) produced by photolithography, and by plasma etching with CF_4/O_2 , the mask layer 5 is structured in the area of the second main surface 3 (see Figure 2). The first regions 6 and second regions 7 are thus defined. In the first regions 6 the second main surface 3 is exposed. In the second regions 7, the second main surface 3 is still covered by the mask layer 5. The first main surface 2 and the surface of the pores 4 are likewise fully covered by the mask layer 5.

By etching with KOH at a concentration of 50 wt%, the substrate 1 will then be etched at least as far as the bottom of the pores 4. Etching of the substrate 1 is effected to a depth of 350 μm , measured from the second main surface 3, at a substrate depth of 625 μm . Thus, the surface of the mask layer 5 is exposed in the first regions 6 in the vicinity of the bottom of the pores 4 (see Figure 3). During etching with KOH, the etching attack moves along preferred crystallographic directions, so that edge regions 71 are formed at the edge of the second regions 7 that have a surface with $\langle 111 \rangle$ orientation.

By removal of the mask layer 5 with 50 % (by weight) HF, a perforated workpiece is obtained which has transiting pores 4 in the first regions 6 (see Figure 4). The second regions 7, in which the pores do not pass all the way through the substrate 1, are adjacent to the first region 6. The second regions 7 provide stability to the perforated workpiece.

The first regions 6 have different shapes in the different areas of the perforated workpiece (see top view in Figure 5). The first regions 6 can be covered with a number of pores over a large area, for example, in a square or quadrilateral shape, or they can be configured with a row of pores, or they can be covered with pores in another configuration. Due to etching with KOH to expose the bottoms of the pores 4 in the first region 6, the first region 6 is surrounded by the edge region 71 of one of the second regions 7. The geometric shape of the second regions 7 is selected according to stability requirements. It corresponds to bars, a grid, individual windows, a corrugated frame, or identification features.

As an alternative, the mask layer 5 can be formed by thermal oxidation from SiO_2 .

Claims

1. Perforated workpiece

— in which a substrate (1) of silicon having a first region (6) and a second region (7) is provided,

— in which there are pores (4) in the first region (6) that pass through the substrate (1) from a first main surface (2) to a second main surface (3),

Fig 1

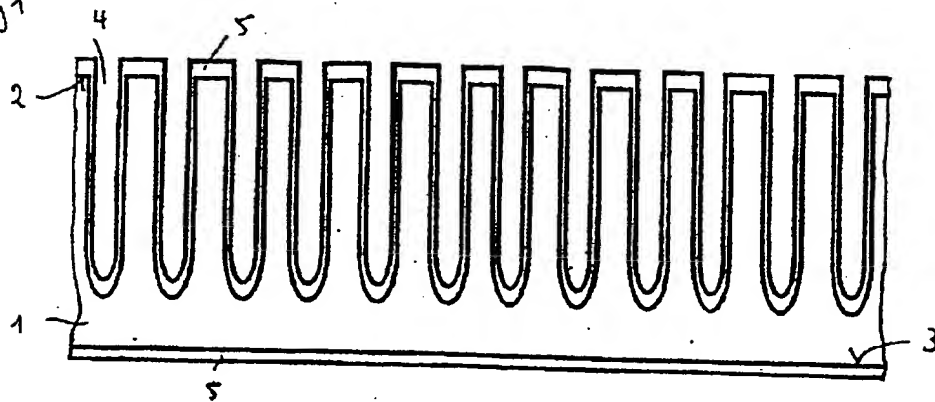


Fig 2

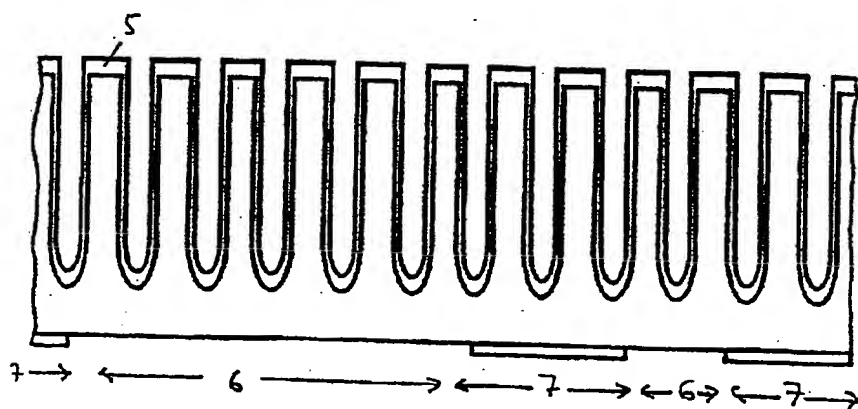


Fig 3

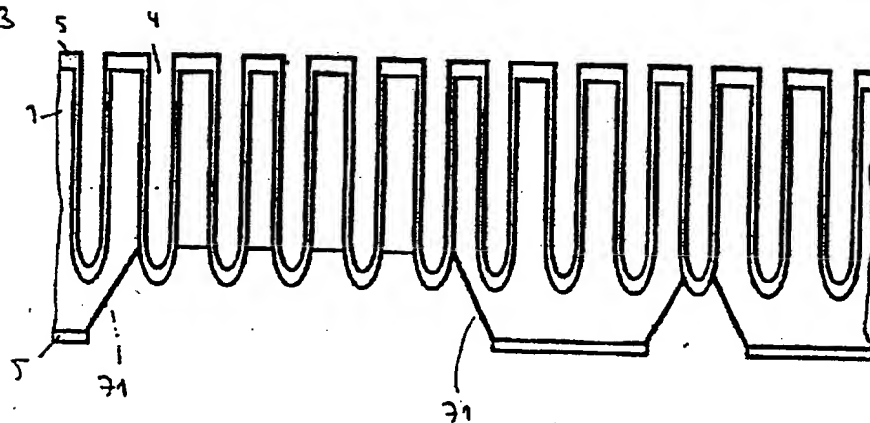


Fig 4

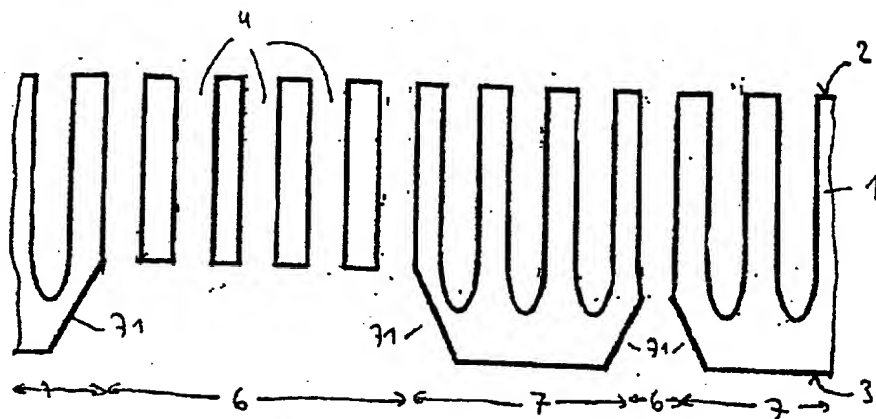


Fig 5

